



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 44 19 318 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 03 K 17/62
H 03 K 17/68
H 03 K 17/06
H 04 N 5/268

⑳ Aktenzeichen: P 44 19 318.1
㉑ Anmeldetag: 1. 6. 94
㉒ Offenlegungstag: 7. 12. 95

DE 44 19 318 A 1

㉑ Anmelder:
Microelectronics Technology Inc., Hsinchu, TW

㉒ Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,
Anwaltssozietät, 80538 München

㉓ Erfinder:
Ku, Kou-Tong, Hsinchu, TW

⑤4 Einpoliger Hochfrequenz-Mehrfach-Umschaltkreis mit Verstärkungseinheit

⑤7 Ein billiger, einpoliger Hochfrequenz-Mehrfach-Umschalt-
schalter mit Verstärkungseigenschaft, der Transistoren ver-
wendet, ersetzt das ausreichend bekannte Relais oder die
PIN-Diode zum Umschalten der erforderlichen Signale.
Jeder der Transistoren ist mit einer entsprechenden Ein-
gangssignalquelle verbunden und alle Transistoren sind mit
einer gemeinsamen Verbindungsstelle verbunden. Der erfor-
derliche Betriebsbereich zum Umschalten von Signalen wird
durch Steuerung der Bias-Spannung der Transistoren be-
stimmt.

DE 44 19 318 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 95 508 049/273

10/31

Hintergrund der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen einpoligen Hochfrequenz-Mehrfach-Umschaltkreis mit Verstärkungseigenschaft und insbesondere bezieht sie sich auf den Schaltkreis eines einpoligen Mehrfach-Umschaltkreises, der aus Transistoren zusammengesetzt ist.

Der Schalter der vorliegenden Erfindung ist insbesondere zum Umschalten von vertikal und horizontal polarisierten Satellitensignalen geeignet. Die derzeit gebräuchlichen Umschaltetelemente, die beim Umschalten oder Auswählen von Hochfrequenz-Signalen verwendet werden, sind Relais oder PIN-Dioden. In dem Fall einer Verwendung des Relais als Auswahlumschalter wird es allerdings, da das Relais ein mechanisches Element ist, höhere Fehlraten und eine kürzere Lebenszeit, verglichen mit den elektronischen Elementen, haben, wenn die Temperatur zu hoch oder zu niedrig ist. Darüberhinaus kann, da das Relais ein passives Element ist, es nicht irgendeine Verstärkung der Signale liefern. Die Verwendung der PIN-Dioden als Auswahlumschalter kann die Probleme einer hohen Fehlerrate und einer kurzen Lebensdauer, wie dies bei der Verwendung der Relais vorhanden ist, vermeiden. Allerdings erfordert dies mehr Elemente, um denselben Grad einer Signalisolation zu erhalten (4 bis 8 PIN-Dioden werden gewöhnlich benötigt, um eine 20 dB Isolation in dem UHF-Bereich für einen Schalter zu erhalten). Zusätzlich wird ein solcher Typ von Schaltkreisen gewöhnlich einen Signalverlust verursachen und kann deshalb auch keine Verstärkung liefern.

Zusammenfassung der Erfindung

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen zuverlässigen und langlebigen Auswahl-Umschaltkreis mit wenigen Elementen, einer einfachen Schaltkreisstruktur und einer Verstärkungseigenschaft zu schaffen, der Transistoren als Umschaltetelemente verwendet. Die Signalauswahl wird durch Umschalten der Betriebs-Biasspannungen (-Vorspannungen) der Transistoren gesteuert, um die Transistoren in einem linearen Bereich oder einem Sperr- bzw. Cutoff-Bereich zu betreiben. Die vorliegende Erfindung schafft auch eine genau überlegte Anordnung für das Anpassungsnetzwerk, das für den Ein- und Ausgang der Transistoren, die verbunden werden sollen, notwendig ist, so daß die Struktur des Umschaltkreises einfacher wird, und der Aufbau dieses Typs eines Schaltkreises ist einfacher. Weiterhin werden, da solche Transistoren billigere Elemente mit einer Verstärkungseigenschaft sind, gesonderte Verstärker nicht benötigt, um den Signalverlust in dem Schaltkreis der vorliegenden Erfindung zu kompensieren. Deshalb können die Kosten des Schaltkreises weiterhin verringert werden.

Diese und andere Aufgaben, Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden besser verstanden und ersichtlich unter Bezugnahme auf die Beschreibung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltkreisdigramm einer ersten Ausführungsform eines einpoligen Mehrfach-Umschaltkreises gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 zeigt ein äquivalentes Schaltkreisdigramm des Schaltkreises, der in Fig. 1 dargestellt ist;

Fig. 3 zeigt ein Blockschaltkreisdigramm einer zweiten Ausführungsform eines einpoligen Mehrfach-Umschaltkreises gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 zeigt ein Blockschaltkreisdigramm einer dritten Ausführungsform eines einpoligen Mehrfach-Umschaltkreises gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 zeigt ein Schaltkreisdigramm der Eingangsspannungen des Schaltkreises, der in Fig. 4 dargestellt ist;

Fig. 6 zeigt eine Tabelle, die das Verhältnis der Eingangsspannungen und des Ausgangs der entsprechenden Anschlüsse A—D in den Fig. 4 und 5 darstellt; und

Fig. 7 zeigt ein erläuterndes Diagramm eines allgemeinen Schaltkreises, der BJT's (bipolare Flächentransistoren) als Verstärkungselemente verwendet.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

Zunächst wird auf Fig. 7 verwiesen, die ein Schaltkreisdigramm darstellt, das bipolare Flächentransistoren (bipolar junction transistors — BJT's) als Verstärkungselemente verwendet. Wie in dieser Figur dargestellt ist, ist es, um eine Signalquelle 10 einem Eingangsanschluß des Transistors anzupassen und eine Last 14 dem Ausgangsanschluß des Transistors anzupassen, notwendig, den Eingangsanschluß und den Ausgangsanschluß des Transistors BJT jeweils über ein Eingangsanpassungsnetzwerk (input matching network—IMN) 11 und ein Ausgangsanpassungsnetzwerk (output matching network—OMN) 12 anzupassen, um die erwarteten Eigenschaften zu erhalten. Kondensatoren C_B und C_C werden jeweils als DC-Sperrkondensatoren an dem Eingangs- und Ausgangsanschluß des BJT verwendet. Der Zweck dieser Kondensatoren ist derjenige, zu verhindern, daß die Basisspannung V_B und die Kollektor-Spannung V_C des BJT durch die Eingangs- und Ausgangsanpassungsnetzwerke 11 und 12 beeinflusst werden. Hochfrequenz-Drosseln (HF-Chokes) RFC_B und RFC_C werden dazu verwendet, zu verhindern, daß AC-Signale durch den DC-Schaltkreis der Fig. 7 beeinflusst werden. Parameter Z_{in} und Z_{out} stellen jeweils die Eingangsimpedanz und die Ausgangsimpedanz des BJT dar. Fachleute können andere Vorspannungsschaltkreise verwenden oder die Werte von C_B , C_C , RFC_B und RFC_C ändern, um sie teilweise oder insgesamt in die Anpassungsnetzwerke hineinzunehmen, um die Anzahl der Elemente der Anpassungsnetzwerke zu verringern.

Weiterhin besitzt der Typ eines BJT eine Kennlinie derart, daß, wenn die Bias-Spannung bzw. Vorspannung davon innerhalb des linearen Bereichs des V-I (Spannungs-Strom) -Kennliniendiagramms fällt, ein solcher Transistor eine Verstärkungsfunktion für eine Hochfrequenz besitzt und eine spezifische Eingangs- und Ausgangsimpedanz Z_{in} und Z_{out} besitzt. Während in dem Abschaltbereich der V-I-Kurve der Transistor keine Verstärkungsfunktion mehr besitzt und sich die Impedanzen Z_{in} und Z_{out} gegen unendlich nähern (dies folgt aus dem Grund, da, wenn der p-n-Übergang des BJT umgekehrt vorgespannt ist, der umgekehrte Sättigungsstrom, der durch den Übergang bzw. die Sperrschicht fließt, sehr klein ist und die Impedanz $Z = V/I$ ist).

Demzufolge verwendet die vorliegende Erfindung die vorstehenden Kennlinien der bipolaren Flächentransistoren, d. h. der Transistor verstärkt die Signale, wenn sein Betriebsbereich innerhalb des linearen Bereichs

fällt, während in dem Abschaltbereich bzw. Sperrbereich die Impedanzen Z_{in} und Z_{out} sehr hoch sind, um einen Umschaltkreis aufzubauen. Die meisten der Hersteller von Hochfrequenztransistoren sind heute in der Lage, wirksam die Qualität der Transistoren derart zu kontrollieren, daß die Parameter, die für die Transistoren erforderlich sind, keine großen Abweichungen während der Massenherstellung zeigen. Deshalb wird der Umschaltkreis der vorliegenden Erfindung keine große Qualitätsabweichung im Rahmen der Massenproduktion haben.

Beim Aufbau der Hochfrequenz-Umschaltkreise wird auf der einen Seite eine gute Impedanzanpassung zwischen dem Eingangsanschluß und der Signalquelle und zwischen dem Ausgangsanschluß und der Last gefordert, wenn die Signale hindurchgeführt werden, um den Signalverlust zu verringern. Bei der Verwendung von Transistoren als Signalhindurchführungselemente können sie im Zustand einer guten Signalanpassung nicht nur den Signalverlust eliminieren, sondern auch eine Verstärkung des Signals liefern. Auf der anderen Seite sind die Transistoren in der Lage, unerwünschte Signale zurückzuweisen bzw. zu unterdrücken, um so eine gute Signalisolation zu erhalten, wenn sie im Absperrbereich arbeiten. Durch die Verwendung der Kennlinie von Transistoren zur Bildung einer hohen Impedanz in dem Sperrbereich kann eine unangepasste Art und Weise zwischen der Signalquelle und dem Umschaltkreis erhalten werden, so daß die reflektierten Signale dagegen geschützt werden können, daß sie in den Umschaltkreis eintreten.

Dies kann auch eine Umschaltung zwischen dem Umschaltkreis und der Signalquelle der vorliegenden Erfindung bewirken, so daß dann, wenn der Transistor der Erfindung gesperrt ist, die Signalquelle zu einer Blindlast umgeschaltet werden wird, um eine Fehlanpassung der Signalquelle zu eliminieren. Eine solche Technik fällt auch innerhalb des Schutzzumfangs der vorliegenden Erfindung.

Ein anderes spezielles Merkmal der vorliegenden Erfindung liegt darin, daß, wie in den Fig. 1 und 4 dargestellt ist, die vorliegende Erfindung eine Mehrzahl von Transistoren (BJT1 und BJT2 in Fig. 1 und BJT1—BJT4 in Fig. 4) als Schaltelemente verwendet, von denen jedes mit einem entsprechenden Eingangsanpassungsnetzwerk (31 und 32 in Fig. 1 und IMN1—IMN4 in Fig. 4) verbunden ist, und dort ist nur ein Signalausgangsnetzwerk (Element 36 in Fig. 1 und OMN in Fig. 4) vorhanden, das mit den Ausgängen sämtlicher Transistoren verbunden ist. Dies folgt daher, daß dann, wenn jeder Transistor sein eigenes, unabhängiges Impedanzanpassungsnetzwerk besitzt, eine gegenseitige Beeinflussung zwischen einzelnen Ausgangsnetzwerken vorhanden sein wird, und es schwierig sein wird, die Werte der Elemente in jedem Anpassungsnetzwerk zu berechnen. Die vorliegende Erfindung verwendet die Kennlinie des Transistors, der eine hohe Ausgangsimpedanz in dem Sperrbereich liefert und stellt sicher, daß nur ein Transistor in den Betriebsbereichen zu einem Zeitpunkt liegt und verbindet den Ausgang jedes Transistors mit einer gemeinsamen Verbindungsstelle (Verbindungsstelle J, wie dies in den Fig. 1, 3 und 4 dargestellt ist). Deshalb wird die Ausgangsimpedanz der Verbindungsstelle J des Umschaltkreises der vorliegenden Erfindung sehr nahe zu derjenigen eines einzelnen Transistors liegen, so daß nur die Parameter eines der Transistoren beim Aufbau des Anpassungsnetzwerks 36 berücksichtigt wer-

den müssen. Ein anderer Vorteil der vorliegenden Erfindung ist derjenige, daß die Anzahl der Elemente, die in dem Anpassungsschaltkreis erforderlich sind, verringert werden, um so Raum und Kosten hinsichtlich des Umschaltkreises einzusparen.

In der Ausführungsform der Fig. 1 wird, wenn der Transistor BJT1 in dem linearen Bereich arbeitet und sich der Transistor BJT2 in dem Sperrbereich befindet, mittels verschiedener Bias-Spannungen, die durch einen Bias-Spannungssteuerschaltkreis 35 gesteuert werden, der Schaltkreis der Fig. 1 äquivalent zu demjenigen der Fig. 2 sein. In diesem Zustand werden der Eingang und der Ausgang des Transistors BJT2 als offen behandelt. Deshalb kann einerseits das Signal von der Signalquelle 33 in das Eingangsnetzwerk 31 eintreten und es wird durch den Transistor BJT1 verstärkt und dann in die Last 37 über das Ausgangsnetzwerk 36, ohne daß es durch den anderen Transistor BJT2 beeinflusst wird, eingekoppelt. Andererseits wird das Signal von der Signalquelle 34 zurück durch den Transistor BJT2 reflektiert und kann nicht durch den Transistor BJT2 verstärkt werden. Auf diese Weise kann der Umschaltkreis der vorliegenden Erfindung die erwünschten Signale verstärken und die unerwünschten Signale abweisen, wodurch er als ein einpoliger Hochfrequenz-Zweiwege-Umschalter mit einer guten Signalisolation funktioniert.

Fig. 3 stellt eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar, in der N-Kanal-JFET's (JFET1 und JFET2) als Verstärkungselemente verwendet wird, und ein Schalter 41 anstelle des Bias-Spannungssteuerschaltkreises 35 in Fig. 1 wird dazu verwendet, die Bias-Spannung zu steuern. Es sollte angemerkt werden, daß die Bias-Spannung V_{ss} eine negative Spannung ist, die niedriger als die Einschnürspannungen V_{p1} und V_{p2} sowohl des JFET1 als auch des JFET2 ist. Wenn der Schalter 41 die V_{ss} mit dem Gate-DC-Einsetzpunkt (K-Punkt in Fig. 3) des JFET1 (als die Verbindung, wie dies in Fig. 3 dargestellt ist) verbindet, tritt der JFET1 in den Sperrbereich und beendet, das Signal zu verstärken, das von der Signalquelle I/P1 ankommt. Zu diesem Zeitpunkt werden die Signale, die von der Quelle I/P2 in den Transistor JFET2 über ein Eingangsnetzwerk IMN2 eintreten, durch den Transistor JFET2 verstärkt und treten in das Ausgangsnetzwerk OMN ohne Beeinflussung durch die Signale von der Signalquelle I/P1 ein.

Die JFET's, die in der vorstehenden Ausführungsform verwendet werden, sind sich selbst vorspannend, und es sollte für einen Fachmann auf diesem Gebiet einfach sein, die Werte der Parameter von R_D , R_G , R_S und C_S zum Vorspannen des JFET für den erforderlichen Betriebsbereich herauszufinden.

Fig. 4 stellt die Verbindung und das Steuerverfahren eines einpoligen Vierfach-Umschaltkreises dar, der BJT's als Umschaltelemente verwendet. In dieser Figur stellen die Punkte A, B, C und D den jeweiligen Basis-DC-Einsetzpunkt der Umschaltelemente BJT1—BJT4 dar. Aufgrund des HF-Drossel-RFC besitzen die DC-Spannungen, die in diese Punkte eingegeben werden, eine gute Isolation und beeinflussen nicht das Hochfrequenz-AC-Signal. Falls die Spannung an irgendeinem dieser Punkte unterhalb der Basis-Emitter-Einschaltspannung V_{BE} abfällt (typischerweise 0,7 V), wird der BJT-Transistor entsprechend zu diesem Punkt abschalten.

Der Umschaltkreis der Fig. 4 verwendet fünf Spannungskomparatoren Q1—Q5, um die Spannungs-

eingaben zu den Transistoren BJT1—BJT4 zu steuern, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist. Die vorliegende Erfindung ist entsprechend der Kennlinie der aktiven Kellerelemente (Push-Down-Funktion) des Spannungskomparators aufgebaut, der geöffnet wird, wenn er gesperrt wird, und der auf Masse gelegt wird, wenn er freigegeben wird, so daß sich nur ein BJT in dem linearen Bereich befindet und der Rest der BJT's in dem Sperrbereich liegt, wenn irgendeine Spannung im Bereich von 0—Vcc eingegeben wird. Das Verhältnis der Steuerungsspannungen und der Transistoren ist in der Tabelle der Fig. 6 dargestellt. Weiterhin ist der Spannungskomparator, der gewöhnlich gemäß der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird, der kommerziell erhältliche Komparator Nr. LM 339.

Zusätzlich dazu, daß die Widerstände R1 und R2, die Vorspannungs-Widerstände des BJT sind, sind sie in Fig. 4 auch die Pull-up-Widerstände der Komparatoren Q1—Q6.

Wenn zwei oder mehr Keller- bzw. Push-down-Elemente mit einem Pull-up-Widerstand verbunden werden und wenn einer davon freigegeben wird, wird die Spannung an der Verbindungsstelle niedrig (LOW) werden. Diese Art eines Schaltkreisaufbaus wird als logische UND-Konfiguration (wire-AND configuration) bezeichnet. Die Komparatoren Q2, Q3, Q4 und Q5 in Fig. 5 werden in der logischen UND-Konfiguration miteinander verbunden.

Die vorliegende Erfindung kann durch die logische UND-Konfiguration verbunden werden, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist, um einen flexiblen Steuerschaltkreis derart zu erhalten, daß jeder BJT durch Vielfach-Aktiv-Kellerelemente (Push-down-Elemente) gesteuert werden kann, und jedes aktive Kellerelement kann mit verschiedenen Schaltern, Übertragen oder logischen Schaltkreisen eine Schnittstelle bilden. Im Vergleich mit ausreichend bekannten Schaltkreisen mit Relais und PIN-Dioden ist die vorliegende Erfindung einfacher mit externen Vorrichtungen schnittstellenmäßig zu verbinden.

Der einpolige Vierfach-Umschalterschalter der Fig. 4 der vorliegenden Erfindung besitzt einen hohen kommerziellen Wert bei der Verteilung von Satelliten-Televisionssignalen. Da die Bandbreite der Heim-Satellitenempfänger begrenzt ist und sich die Anzahl der Satelliten und der Programme von Tag zu Tag erhöht, werden einige zusätzliche Koaxialkabel für jeden Satelliten benötigt, um das Satellitensignal an den Teilnehmer zu senden, nachdem die Signalfrequenz durch einen geräuscharmen Absperrwandler (Block-down-Konverter) gewandelt ist. Die Kosten in diesem Fall werden allerdings zu hoch sein. Darüberhinaus verwenden die meisten der derzeitigen Satellitenteilnehmer nur ein Koaxialkabel, um die Außenantennen (mehr als zwei Antennen) zu verbinden. Deshalb ist eine vernünftige Annäherung diejenige, verschiedene Satellitensignale durch einen Vielfachanschluß-Hochfrequenzschalter umzuschalten. Der einpolige Mehrfach-Hochfrequenz-Umschalterschalter gemäß der vorliegenden Erfindung ist genau die beste Auswahl. Die vorliegende Erfindung besitzt die nachfolgenden Vorteile:

- a) Der Schaltkreis liefert eine Verstärkung, um den Signalverlust zu kompensieren, und besitzt eine gute Signalisolation;
- b) Der Schaltkreis besitzt eine höhere Zuverlässigkeit und eine längere Lebensdauer verglichen mit dem herkömmlichen Schaltkreis mit Relais;

c) Der Schaltkreis benötigt weniger Elemente (im Vergleich mit dem Schaltkreis mit PIN-Dioden) und die Schaltkreisstruktur ist einfacher, da der Schaltkreis keine Kompensationsverstärker benötigt, und es ist nur ein Ausgangsanpassungsnetzwerk erforderlich;

d) Die Kosten des Schaltkreises sind gering; und
e) Der Schaltkreis kann einfach mit verschiedenen Steuersignalen schnittstellenmäßig verbunden werden, da jeder BJT durch die logische UND-Verbindung steuerbar ist.

Es kann ein mehrpoliger Vielfach-Umschalterschaltkreis durch Kombinieren einer Anzahl von einpoligen Mehrfach-Umschalterschaltkreisen der vorliegenden Erfindung aufgebaut werden. Natürlich wird der mehrpolige Vielfach-Umschalterschaltkreis nicht außerhalb des Schutzzumfangs der vorliegenden Erfindung fallen.

Verschiedene mögliche Ausführungsformen entsprechend der vorstehenden Erfindung können vorgenommen werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen, wobei verständlich ist, daß sämtliche Gegenstände hierin, die beschrieben oder in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen dargestellt sind, als illustrierend und nicht in einem einschränkenden Sinne ausgelegt werden sollen. Demzufolge wird ersichtlich werden, daß die Zeichnungen beispielhaft eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung zeigen.

Patentansprüche

1. Einpoliger Hochfrequenz-Mehrfach-Umschalterschalter, der aufweist:

eine Vielzahl von Eingangsanschlüssen;
eine Vielzahl von Umschalteneinrichtungen, die dieselbe Anzahl wie die Eingangsanschlüsse besitzen, von denen jede aufweist;
ein Eingangsanpassungsnetzwerk, das mit einem der Eingangsanschlüsse verbunden ist; und
einen Transistor, wobei eine Eingangselektrode davon mit dem Ausgang des Eingangsanpassungsnetzwerks verbunden ist;
eine Verbindungsstelle, die alle Ausgänge der Transistoren der Umschalteneinrichtungen miteinander verbindet;
ein einzelnes Ausgangsanpassungsnetzwerk, das durch die Verbindungsstelle verbunden wird; und
ein DC-Spannungs-Vorspannungs-Netzwerk zur Bildung von Bias-Spannungen für entsprechende Transistoren derart, daß dann, wenn ein bestimmtes Eingangssignal geschaltet wird, nur einer der Transistoren in einem linearen Bereich betrieben wird und die anderen Transistoren in ihren Sperrbereichen betrieben werden.

2. Einpoliger Hochfrequenz-Mehrfach-Umschalterschalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Transistoren bipolare Flächentransistoren sind und im herkömmlichen Emitter-Mode aufgebaut sind.

3. Einpoliger Hochfrequenz-Mehrfach-Umschalterschalter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß er weiterhin eine Vielzahl von aktiven Kellerelementen (Push-down-Elementen) aufweist, von denen jedes mit einem DC-Einführungspunkt der Basis eines Transistors verbunden ist, wobei eines oder mehrere Kellerelemente dazu verwendet werden, die Basisspannungen der Transistoren unterhalb von nach vorne betriebenen Bias-Spannungen

davon herabzusetzen, um so die Transistoren dazu zu bringen, daß sie in dem Sperrbereich (Cutoff-Bereich) arbeiten.

4. Einpoliger Hochfrequenz-Mehrfach-Umschalt-schalter nach Anspruch 1, 2 oder 3, der zum Umschalten einer Anzahl von unterschiedlichen Satellitensignalen zu einem Satellitensignalempfänger bzw. Receiver hin verwendet wird.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

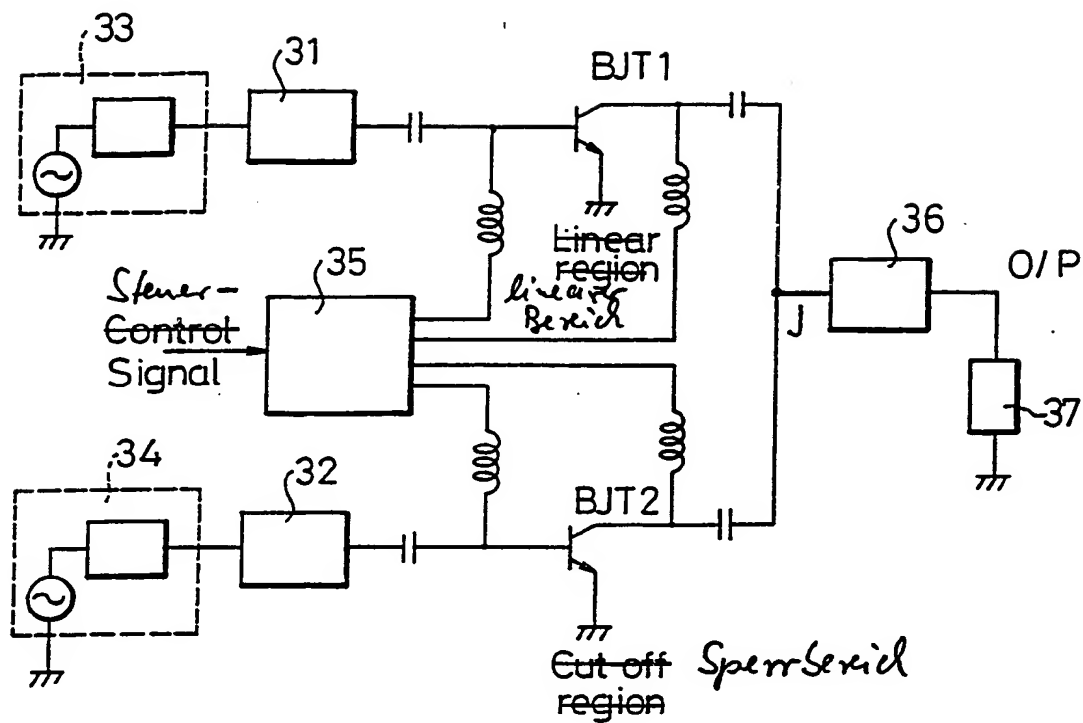


Fig. 2 1 *

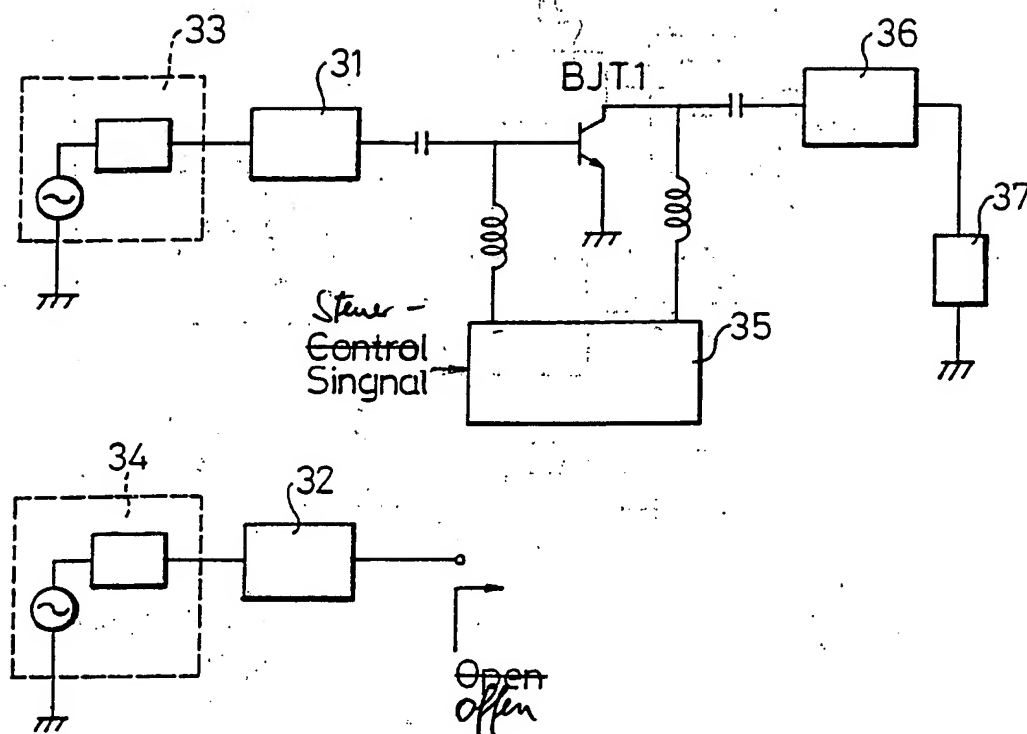


Fig. 3 ~~2~~

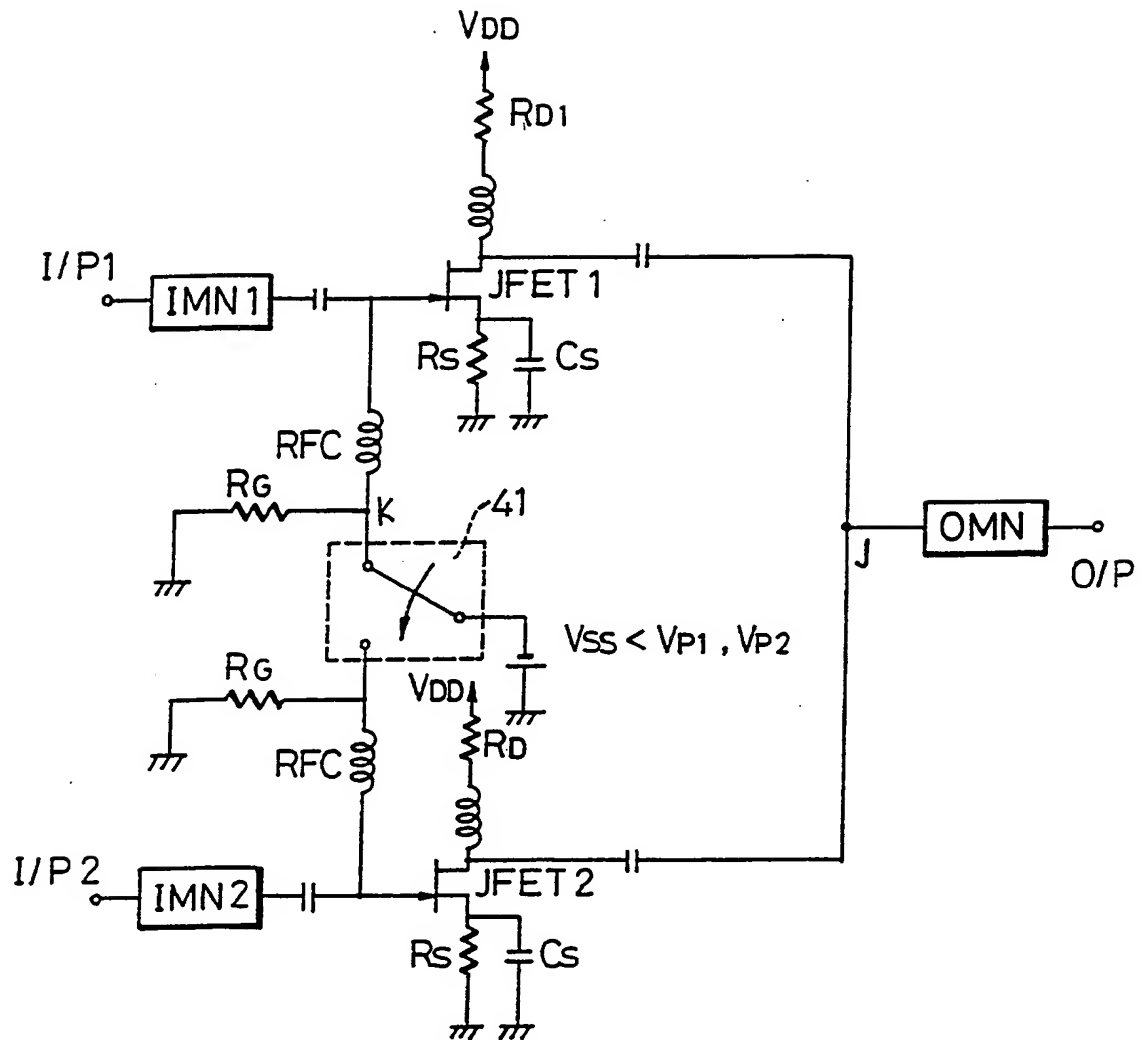


Fig. 4 3

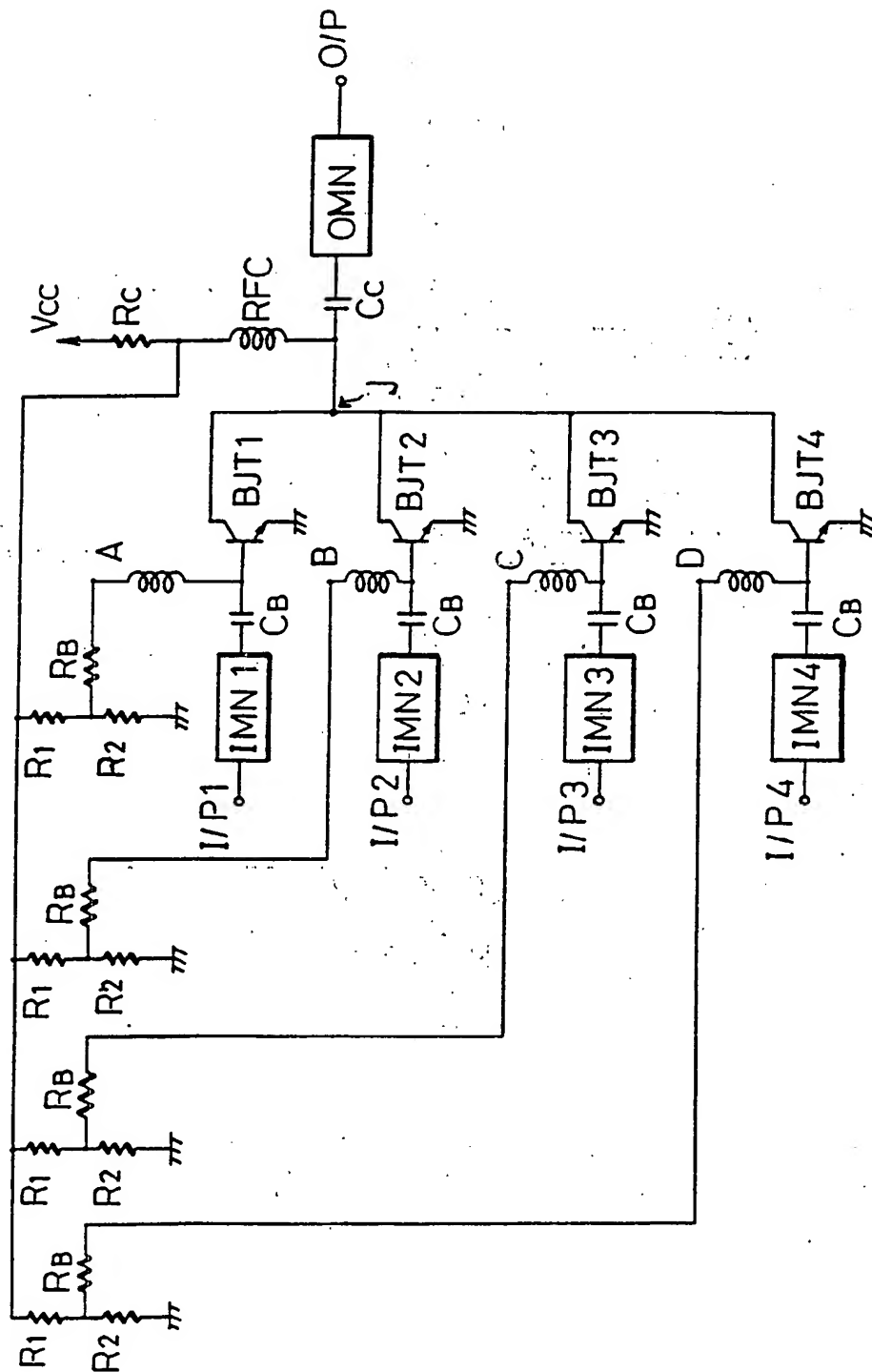


Fig. 4

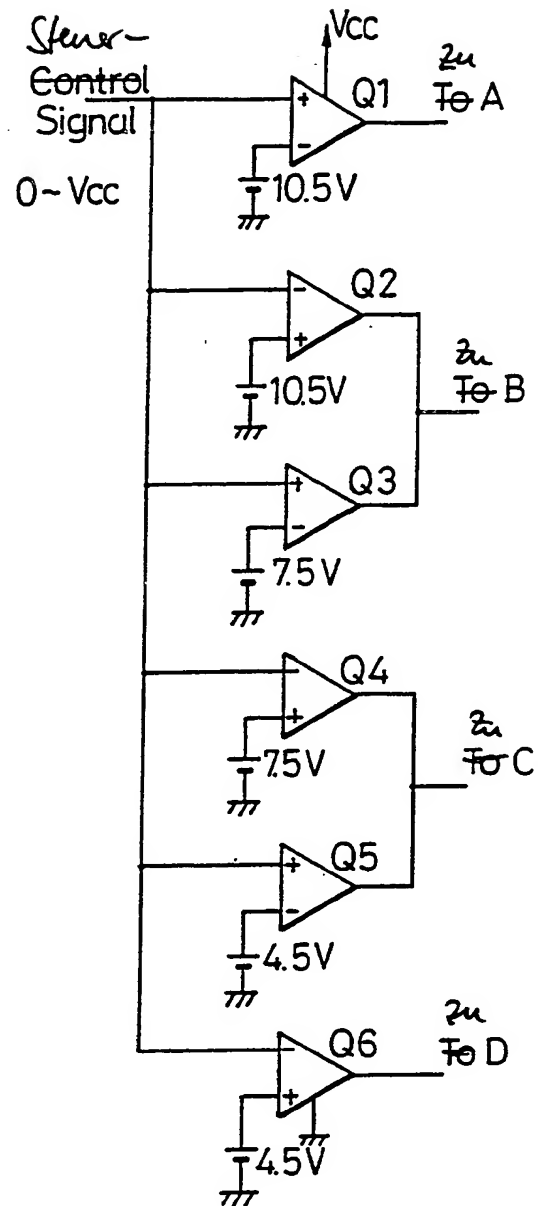


Fig. ~~6~~ 5

Steuer-
spannung

Control Voltage	0 ~ 4.5V	4.5V ~ 7.5V	7.5V ~ 10.5V	10.5V ~ Vcc
A	0	0	0	1
B	0	0	1	0
C	0	1	0	0
D	1	0	0	0

$$1 = V_{BE} \overset{\text{EIN}}{\text{ON}} \approx 0.7 \text{ V}$$

$$\text{BJT } \overset{\text{EIN}}{\text{ON}}$$

$$0 = V_{CE \text{ SAT}} \approx 0.2 \text{ V}$$

$$\text{BJT } \text{OFF}$$

Aus

Fig. 7 6

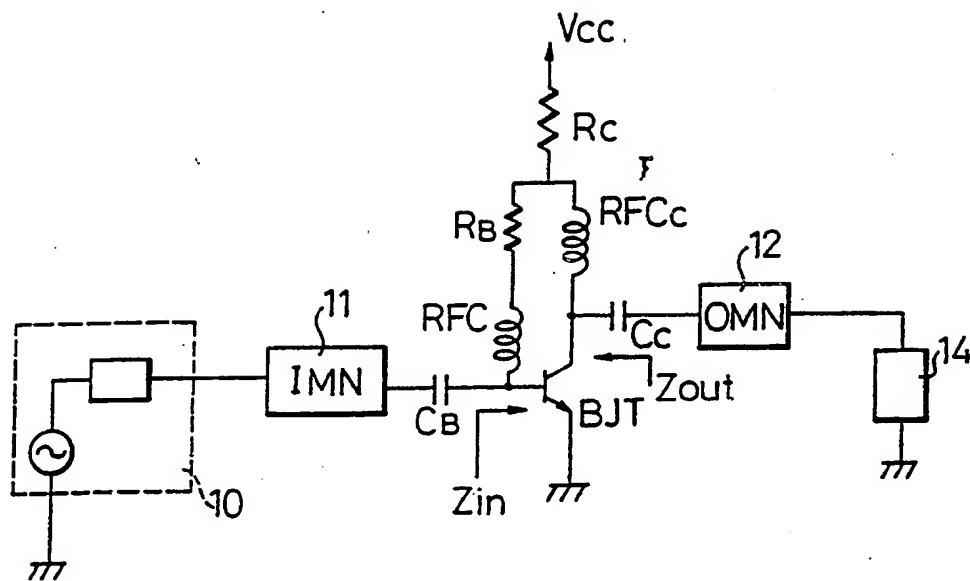


Fig. 7